

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-347270

(43)Date of publication of application : 27.12.1993

(51)Int.Cl.

H01L 21/28
H01L 21/302
H01L 21/90

(21)Application number : 04-215406

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 21.07.1992

(72)Inventor : SHINOHARA KEIJI

(30)Priority

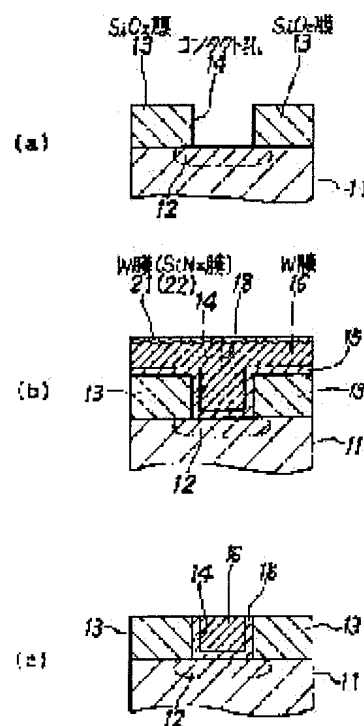
Priority number : 04120013 Priority date : 14.04.1992 Priority country : JP

(54) METAL PLUG FORMING METHOD AND WAFER TREATING DEVICE THEREBY

(57)Abstract:

PURPOSE: To enhance a semiconductor device in reliability by a method wherein a metal plug is so formed as to improve a wiring in quality itself and contact reliability.

CONSTITUTION: A TiON layer 15 used for the improvement of adhesion and a W film 16 used for the formation of a plug are successively deposited on an SiO₂ film 13 where a contact hole 14 is provided, and a W film 21 is formed on the W film 16 as smooth as possible by bias sputtering. Thereafter, when the W films 21 and 16 and the TiON layer 15 are etched back, an etching-back operation advances keeping the surface of the W film 21 smooth. In result, the SiO₂ film 13 is uniformly disclosed, the irregularities produced on the surface of the W film 16 at deposition are not transferred onto the SiO₂ film 13, and the contact hole 14 is filled with the smooth W film 16.



(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-347270

(43)公開日 平成5年(1993)12月27日

(51)Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	FI	技術表示箇所
H 0 1 L 21/28	3 0 1 R	9055-4M		
	T	9055-4M		
21/302	L	8518-4M		
	M	8518-4M		
	F	8518-4M		

審査請求 未請求 請求項の数13(全 14 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平4-215406

(22)出願日 平成4年(1992)7月21日

(31)優先権主張番号 特願平4-120013

(32)優先日 平4(1992)4月14日

(33)優先権主張国 日本(JP)

(71)出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72)発明者 篠原 啓二

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ

ー株式会社内

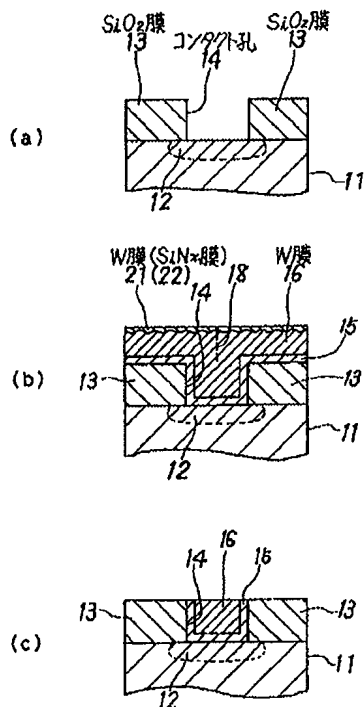
(74)代理人 弁理士 土屋 勝

(54)【発明の名称】 金属プラグの形成方法及びこれに用いるウェハ処理装置

(57)【要約】

【目的】 配線自体及び配線のコンタクトの信頼性を高める様に金属プラグを形成して、半導体装置の信頼性を高める。

【構成】 コンタクト孔14が形成されているSiO₂膜13上に、密着性向上のためのTiON層15とプラグを形成するためのW膜16とを順次に堆積させ、バイアススパッタリングによって、W膜16上にW膜21を平滑に堆積させる。その後、W膜21、16とTiON層15とをエッチバックすると、W膜21の平滑な表面形状が維持されたままエッチバックが進行する。この結果、SiO₂膜13が均一に露出し、堆積時点のW膜16の表面の凹凸がSiO₂膜13に転写されず、且つ表面の平滑なW膜16でコンタクト孔14が埋め込まれる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 絶縁膜にコンタクト孔を形成し、前記絶縁膜上に金属膜を堆積させ、この金属膜をエッチングしてこの金属膜で前記コンタクト孔を埋める様にした金属プラグの形成方法において、前記金属膜上に平滑化層を形成し、この平滑化層と前記金属膜とに対して前記エッチングを行うことを特徴とする金属プラグの形成方法。

【請求項2】 前記金属膜がW、Mo、Pt、Cu若しくはこれらのシリサイド化合物またはAlを含む膜であることを特徴とする請求項1記載の金属プラグの形成方法。

【請求項3】 前記平滑化層がW、Mo、Si、Al、TiまたはSから選択された1つ以上の元素を含むことを特徴とする請求項1記載の金属プラグの形成方法。

【請求項4】 前記コンタクト孔をテーパ状に形成することを特徴とする請求項1記載の金属プラグの形成方法。

【請求項5】 前記平滑化層が堆積性ガスのプラズマ分解によって形成された有機ポリマー層であることを特徴とする請求項1記載の金属プラグの形成方法。

【請求項6】 前記有機ポリマー層を形成するための有機ポリマー層形成部と、形成後の前記有機ポリマー層を加熱処理による流動化で平滑化させるための加熱部とを有することを特徴とする請求項5記載の金属プラグの形成方法に用いるウェハ処理装置。

【請求項7】 絶縁膜にコンタクト孔を形成し、前記絶縁膜上に金属膜を堆積させ、この金属膜をエッチングしてこの金属膜で前記コンタクト孔を埋める様にした金属プラグの形成方法において、前記エッチングとして、ラジカル反応による第1のエッチングを行った後、前記金属膜の堆積とエッチングとが競合する第2のエッチングを行うことを特徴とする金属プラグの形成方法。

【請求項8】 前記第1のエッチングのための反応ガスとして、フッ素系のガスを用い、前記第2のエッチングのための反応ガスとして、塩素系若しくは臭素系のガスまたは前記金属膜を形成する金属のハロゲン化合物を用いることを特徴とする請求項7記載の金属プラグの形成方法。

【請求項9】 前記フッ素系のガスがSF₆、NF₃、ClF₃またはCH₃F₄であることを特徴とする請求項8記載の金属プラグの形成方法。

【請求項10】 前記塩素系のガスがHCl、Cl₂またはBCl₃であることを特徴とする請求項8記載の金属プラグの形成方法。

【請求項11】 前記臭素系のガスがHBr、Br₂またはBBR₃であることを特徴とする請求項8記載の金属プラグの形成方法。

【請求項12】 前記堆積を促進させるためのガスとし

て、分子中にOまたはNを含むガスを、前記第2のエッチングのための反応ガス中に添加することを特徴とする請求項7記載の金属プラグの形成方法。

【請求項13】 分子中にOまたはNを含む前記ガスが酸素または窒素であることを特徴とする請求項12記載の金属プラグの形成方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本願の発明は、半導体装置の製造に際して金属プラグを形成する方法及びこれに用いるウェハ処理装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年における半導体装置の設計ルールの微細化に伴って、コンタクト孔の径も小さくなってきているが、絶縁耐圧を確保するために層間絶縁膜の膜厚は殆ど変わっていないので、コンタクト孔のアスペクト比が大きくなってきている。このため、Alのみで配線を形成すると、Alは段差被覆性が良くないのでコンタクト孔で導通不良を生じ易く、半導体装置の信頼性が低くなる。

【0003】これに対しては、コンタクト孔を形成した後に多結晶Si膜を全面に堆積させ、この多結晶Si膜をエッチバックすることによって、コンタクト孔内にのみ多結晶Si膜を残したり、WF₆の還元反応を利用して、コンタクト孔内にのみ選択的にW膜を形成する所謂選択W-CVD法が提案されている（例えば、特開昭62-229959号公報）。

【0004】しかし、多結晶Si膜でコンタクト孔を埋め込む方法は、従来技術の延長で実現可能ではあるが、多結晶Si自体の抵抗が金属に比べて高いという問題がある。また、選択W-CVD法は、完全な選択性を常に得ることが難しく、深さの異なるコンタクト孔を同時には埋め込むことができないという原理的な問題も残っている。

【0005】そこで、コンタクト孔を形成した後にW膜を全面に堆積させ、このW膜をエッチバックすることによってコンタクト孔内にのみW膜を残すので、選択W-CVD法に比べてW膜を比較的容易に形成することができ、深さの異なるコンタクト孔を同時に埋め込むこともできる所謂ブランケットW-CVD法が提案されている（例えば、上記特開昭62-229959号公報）。

【0006】また、このブランケットW-CVD法では、絶縁膜であるSiO₂膜との密着性を向上させるためのTiON層を形成しても、コンタクト孔をW膜で埋め込むことができる。そして、このTiON層がバリア層としても働くので、W自体の融点が3380℃と高いこととも相まって、比較的高温で形成しても、WがSiへ侵入するのを抑制して、良好な電気特性を得ることができる。

【0007】図8は、この様なブランケットW-CVD

法とエッチバック技術とを用いたWプラグの形成方法の一従来例を示している。Wプラグを形成する前の状態として、図8(a)に示す様に、Si基板11に拡散層12が形成されており、層間絶縁膜としてのSiO₂膜13がSi基板11上に形成されている。

【0008】この一従来例では、拡散層12との電気的な接続を行うために、SiO₂膜13にコンタクト孔14を形成する。このためには、コンタクト孔14に対応する開口部を有するレジスト膜(図示せず)をフォトリソグラフィ法でSiO₂膜13上に形成し、このレジスト膜をマスクにして、RIE装置で、反応ガスの流量O₂/CHF₃=8/75SCCM、反応圧力50mTorr、高周波パワー1kWの条件でエッチングを行う。

【0009】次に、図8(b)に示す様に、SiO₂膜13と後に形成するW膜との密着性を向上させるためのチタン系材料層であるTiON層15を、リアクティブスパッタ法で全面に形成する。チタン系材料層としては、TiN層等を用いることもできるが、TiON層が好適である。その後、例えばコールドウォール型のCVD装置を用い、反応温度400℃、反応圧力6.5Torr、反応ガスの流量比H₂/WF₆=1/19の条件で、W膜16を全面に堆積させる。

【0010】次に、SF₆等の様にフッ素を含むガスでW膜16の全面をエッチバックして、図8(c)に示す様に、W膜16をコンタクト孔14内のみに残して、このW膜16をプラグにする。この時、TiON層15をも同時にエッチングする場合は、フッ素を含むガスに、Cl₂等の様に塩素を含むガスを添加したガスで、エッチバックを行うのが好適である。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】ところが、CVD法で堆積させた時点のW膜16の表面には、図8(b)に示した様に凹凸が形成されているので、図8(c)に示した様に、この凹凸がSiO₂膜13に転写される。この様な転写が生じると、SiO₂膜13上に高い品質で配線を形成することができない。また、コンタクト孔14内に残したW膜16の表面にも凹凸が残っているので、SiO₂膜13上に形成する配線とW膜16とを電気的に良好に接触させることもできない。

【0012】なお、イオン種がエッチングの主体になるのではなく、ラジカル反応がエッチングの主体になる様に、SF₆等の様にフッ素を含むガスを用いれば、SiO₂膜13への凹凸の転写を防止することができ、エッチング速度も速くなるが、今度はエッチング時のローディング効果が大きくなる。

【0013】つまり、SiO₂膜13の一部が露出したジャストエッチング時以降のオーバエッチングでは、W膜16のエッチング面積が急激に減少するので、コンタクト孔14内のW膜16のエッチング速度が急に増大する。このため、W膜16のオーバエッチングの制御が困

難であり、図8(c)に示す様に、コンタクト孔14が凹状にしか埋め込まれない。

【0014】更に、図8(c)に示した様に、コンタクト孔14内のW膜16の中心部に凹部17が形成される場合がある。これは、CVD時にW膜16がコンタクト孔14の底面及び側壁から形成されてきて、図8(b)に示した様に中心部で継ぎ目18が形成され、この継ぎ目18の部分ではW膜16が密でなく脆弱であるので、エッチング速度が速いからである。

【0015】この様な凹部17が存在していると、SiO₂膜13上に形成する配線とW膜16とを電気的に良好に接触させることができない。従って、図8に示した一従来例では、半導体装置の信頼性を高めることができなかった。

【0016】

【課題を解決するための手段】本願の発明による金属プラグの形成方法は、絶縁膜13にコンタクト孔14を形成し、前記絶縁膜13上に金属膜16を堆積させ、この金属膜16をエッチングしてこの金属膜16で前記コンタクト孔14を埋める様にした金属プラグの形成方法において、前記金属膜16上に平滑化層21、22、25、27、66を形成し、この平滑化層21、22、25、27、66と前記金属膜16とに対して前記エッチングを行う。

【0017】なお、平滑化層21、22、25、27、66としては、バイアススパッタリング法によって形成されるW膜21、エッチングと堆積との競合反応によって形成されるSiN_x膜22(x=1~2)、レジスト膜25、SOG膜27及び有機ポリマー層66等を用いることが可能である。

【0018】また、本願の発明による金属プラグの形成方法では、前記コンタクト孔14をテーパ状に形成することもある。

【0019】また、本願の発明によるウェハ処理装置は、有機ポリマー層66を形成するための有機ポリマー層形成部32と、形成後の前記有機ポリマー層66を加熱処理による流動化で平滑化させるための加熱部33とを有している。

【0020】また、本願の発明による金属プラグの形成方法は、絶縁膜13にコンタクト孔14を形成し、前記絶縁膜13上に金属膜16を堆積させ、この金属膜16をエッチングしてこの金属膜16で前記コンタクト孔14を埋める様にした金属プラグの形成方法において、前記エッチングとして、ラジカル反応による第1のエッチングを行った後、前記金属膜16の堆積とエッチングとが競合する第2のエッチングを行うこともある。

【0021】

【作用】本願の発明による金属プラグの形成方法では、金属膜16上に平滑化層21、22、25、27、66を形成しているため、絶縁膜13上に堆積させた時点の

金属膜16の表面に凹凸があっても、平滑化層21、22、25、27、66と金属膜16とのエッチング速度を等しくすることによって、エッチングの途中で金属膜16の表面を平滑にすることができる。このため、堆積時点の金属膜16表面の凹凸が絶縁膜13に転写されるのを防止することができ、且つ表面が平滑な金属プラグ16でコンタクト孔14を埋めることができる。

【0022】また、コンタクト孔14をテーパ状に形成すれば、コンタクト孔14内で金属膜16にテーパ状の凹部24を形成することができる。このため、コンタクト孔14の底面及び側壁から形成されてきた金属膜16同士が接して脆弱な継ぎ目18が形成された場合には、継ぎ目18上にテーパ状の凹部24を形成してこのテーパ状の凹部24を厚い平滑化層25で埋め込むことができ、コンタクト孔14内で金属膜16同士が接しない膜厚にした場合にも、テーパ状の凹部24を平滑化層27で埋め込み易い。

【0023】従って、平滑化層25、27と金属膜26とに対するエッチングに際して、金属膜16のうちで脆弱な継ぎ目18の部分が速くエッチングされたり、金属膜16のテーパ状の凹部24が更にエッチングされたりするのを防止して、コンタクト孔14内の金属膜16に凹部17が形成されるのを防止することができる。

【0024】また、本願の発明によるウェハ処理装置では、有機ポリマー層形成部32と加熱部33とを有しているため、有機ポリマー層66の形成とこの有機ポリマー層66の流動化による平滑化とを連続的に行うことができる。

【0025】また、本願の発明による金属プラグの形成方法では、堆積させた金属膜16に対するエッチングとして、ラジカル反応による第1のエッチングをまず行えば、この第1のエッチングではエッチング速度が速い。

【0026】そして、金属膜16の堆積とエッチングとが競合する第2のエッチングをその後に行えば、この第2のエッチングでは、ローディング効果が小さいために金属膜16のオーバエッチングの制御が容易であり、しかも、絶縁膜13上に堆積させた時点の金属膜16の表面に凹凸があっても、堆積成分で金属膜16の表面を平滑にすることができる。このため、堆積時点の金属膜16表面の凹凸が絶縁膜13に転写されるのを防止することができ、且つ表面が平滑な金属プラグ16でコンタクト孔14を平滑に埋めることができる。

【0027】

【実施例】以下、本願の発明の第1～第8実施例を、図1～7を参照しながら説明する。なお、図8に示した一従来例と対応する構成部分には、同一の符号を付してある。

【0028】図1が、第1実施例を示している。この第1実施例でも、図1(a)(b)に示す様に、W膜16の堆積までは、図8に示した一従来例と実質的に同様の

工程を実行する。しかし、この第1実施例では、その後、バイアススパッタリングによって、図1(b)に示す様にW膜16上にW膜21を堆積させる。

【0029】このバイアススパッタリングを行うためには、ECR装置で、反応ガスの流量 $WF_6 / SiH_4 / H_2 / Ar = 20 / 30 / 100 / 50$ SCCM、反応圧力0.7mTorr、マイクロ波パワー1kW、高周波バイアス30W、磁場875Gaussの条件で放電を行う。この結果、イオンによるスパッタエッチングと堆積との競合反応によってW膜21が平滑化されながら形成されて、W膜16の凹凸が平滑に埋め込まれる。

【0030】次に、バイアススパッタリングを行ったチェンバと同一のチェンバ内で、W膜21、16とTiON層15とをエッチバックする。このエッチバックは、反応ガスの流量 $SF_6 / Cl_2 = 20 / 20$ SCCM、反応圧力5mTorr、マイクロ波パワー1kW、高周波バイアス30W、磁場875Gaussの条件で行う。

【0031】すると、イオン反応が主体のエッチングが行われ、W膜21の平滑な表面形状が維持されたままエッチバックが進行する。この結果、 SiO_2 膜13が均一に露出し、図1(c)に示す様に、堆積時点のW膜16の表面の凹凸が SiO_2 膜13に転写されず、且つ表面の平滑なW膜16でコンタクト孔14が埋め込まれる。

【0032】なお、バイアススパッタリングを行ったチェンバと同一のチェンバ内でエッチバックを行っているため、チェンバのうちでウェハ以外の部分にW膜21が堆積しても、エッチバック時にこのW膜21も同時に除去される。従って、チェンバ内に堆積物が蓄積することがなく、エッチバックはクリーニング効果をも有している。

【0033】次に、再び図1を参照して、第2実施例を説明する。この第2実施例は、図1(b)におけるW膜21の代わりに $SiNx$ 膜22($x=1\sim2$)を用いることを除いて、上述の第1実施例と実質的に同様の工程を実行する。即ち、W膜16を堆積させた後、RIE装置で、反応ガスの流量 $SiCl_4 / N_2 = 10 / 50$ SCCM、反応圧力50mTorr、高周波パワー300Wの条件で処理を行う。

【0034】この結果、 $SiCl_4$ と N_2 との反応によって、W膜16上に $SiNx$ 膜22が堆積するが、この時、イオンによるスパッタエッチングと堆積との競合反応によって、 $SiNx$ 膜22が平滑化されながら形成されて、W膜16の凹凸が平滑に埋め込まれる。

【0035】次に、RIEを行ったチェンバと同一のチェンバ内で、 $SiNx$ 膜22とW膜16とTiON層15とをエッチバックする。このエッチバックは、反応ガスの流量 $SF_6 / Cl_2 = 10 / 30$ SCCM、反応圧力20mTorr、高周波パワー300Wの条件で行

う。

【0036】この時、 SiN_x 膜22とW膜16とのエッチング速度を互いに等しくするが、このことはこの第2実施例では SF_6 と Cl_2 との流量比を調整することによって可能であり、上述の条件で SiN_x 膜22とW膜16とのエッチング速度が互いに等しくなっている。

【0037】このため、表面形状が平滑な SiN_x 膜22からエッチバックが進行し、 SiN_x 膜22の平滑な表面形状がW膜16に転写されるので、エッチバックの途中でW膜16の表面も平滑化される。この結果、 SiO_2 膜13が均一に露出し、図1(c)に示した様に、堆積時点のW膜16の表面の凹凸が SiO_2 膜13に転写されず、且つ表面の平滑なW膜16でコンタクト孔14が埋め込まれる。

【0038】この第2実施例でも、 SiN_x 膜22を堆積させるためのRIEを行ったチェンバと同一のチェンバ内でエッチバックを行っているため、チェンバのうでウェハ以外の部分に SiN_x 膜22が堆積しても、エッチバック時にこの SiN_x 膜22も同時に除去される。従って、チェンバ内に堆積物が蓄積することがなく、エッチバックはクリーニング効果をも有している。

【0039】なお、以上の第1及び第2実施例では、エッチングと堆積との競合反応によってW膜21または SiN_x 膜22を平滑化させながら形成しているが、エッチングと堆積との競合反応を利用することができる材料であれば、Wや SiN_x 以外の材料を用いてもよい。

【0040】この様な材料としては、W、Mo、Si、Al、Ti、S等の元素や、これらの元素の酸化物、窒化物である WN_2 、 WO_2 、 SiO_2 等や、上記元素のハロゲン化合物である WCl_x ($x=4\sim5$)、 MoCl_6 等がある。

【0041】図2は、第3実施例を示している。この第3実施例も、コンタクト孔14に対応する開口部23aを有するレジスト膜23をフォトリソグラフィ法で SiO_2 膜13上に形成するまでは、図8に示した一従来例等と実質的に同様の工程を実行する。しかし、この第3実施例では、その後、例えば140℃、10分間の熱処理を行って、図2(a)に示す様に、開口部23aをテーパ状にする。

【0042】次に、レジスト膜23をマスクにして、上述の一従来例等と同一の条件でエッチングを行って、図2(b)に示す様に、 SiO_2 膜13にコンタクト孔14を形成する。この時、開口部23aがテーパ状であるので、コンタクト孔14もテーパ状に形成される。その後、一従来例等と同様の工程を実行してTiON層15を形成するが、コンタクト孔14がテーパ状であるので、一従来例よりもTiON層15の段差被覆性が良い。

【0043】次に、再び上述の一従来例等と同様の工程を実行して、図2(c)に示す様に、W膜16を全面に

堆積させる。この第3実施例でもコンタクト孔14の中心部でW膜16に継ぎ目18が形成されるが、この継ぎ目18の上方にはテーパ状の凹部24が形成される。従って、その後にレジスト膜25を全面に塗布するが、凹部24は厚いレジスト膜25で埋め込まれる。

【0044】次に、図2(d)に示す様に、TiON層15が露出するまで、レジスト膜25とW膜16とのエッチング速度を互いに等しくして、これらをRIE装置でエッチバックする。このエッチバックは、反応ガスの流量 $\text{SF}_6/\text{N}_2=50/10\text{SCCM}$ 、反応圧力10mTorr、高周波パワー300Wの条件で行う。

【0045】この時、W膜16の脆弱な部分である継ぎ目18上の凹部24にはレジスト膜25が厚く塗布されているので、継ぎ目18の部分がプラズマに曝されてエッチングされる時間が短い。このため、図8に示した一従来例の様にコンタクト孔14内のW膜16の中心部に凹部17が形成されるのを防止することができる。

【0046】次に、膜厚が100nmであるTi膜とSiを1%含有しており膜厚が1μmであるAl-Si膜とを順次に積層させ、これをパターンニングして、図2(e)に示す様に、配線26を形成する。この場合、W膜16に凹部17が形成されておらず、W膜16の表面が平滑であるので、配線26とW膜16とが電気的に良好に接触する。なお、この第3実施例ではW膜16上にレジスト膜25を塗布したが、レジスト膜25の代わりに他の有機膜を用いてもよい。

【0047】図3は、第4実施例を示している。この第4実施例も、TiON層15を形成するまでは、図2に示した第3実施例と実質的に同様の工程を実行する。しかし、この第4実施例では、その後にW膜16を全面に堆積させるに際して、図3(a)に示す様に、継ぎ目18が形成されない様にW膜16の膜厚を決定する。このため、W膜16のテーパ状の凹部24は第3実施例の場合よりも深くなり、この凹部24の底部がコンタクト孔14内に位置する。

【0048】その後、SOG膜27を全面に塗布するが、凹部24がテーパ状であるので、この凹部24をSOG膜27で埋め込み易く、SOG膜27の表面が平滑になる。そして、例えば400℃、30分間の熱処理を行って、SOG膜27を無機化させる。

【0049】次に、図3(b)に示す様に、TiON層15が露出するまで、SOG膜27とW膜16とのエッチング速度を互いに等しくして、これらをエッチバックする。このエッチバックは、反応ガスの流量 $\text{CHF}_3/\text{O}_2=50/30\text{SCCM}$ 、反応圧力10mTorr、高周波パワー300Wの条件で行う。

【0050】この様にSOG膜27とW膜16とのエッチング速度を互いに等しくしてエッチバックを行っているため、凹部24内にSOG膜27が残った状態で、W膜16から成るプラグがコンタクト孔14内に形成され

る。この場合、凹部24内にSOG膜27が残っているので、凹部24が更にエッチングされるということがない。

【0051】なお、エッチング条件を変更することによってSOG膜27とW膜16とのエッチング速度を容易に調整することができるので、凹部24内に残すSOG膜27の膜厚も容易に制御することができる。

【0052】次に、図3(c)に示す様に、凹部24内にSOG膜27を残したまま、配線26を形成する。従って、W膜16及びSOG膜27の表面が平滑であるので、この第4実施例でも、配線26とW膜16とが電気的に良好に接触する。

【0053】なお、この第4実施例ではW膜16上にSOG膜27を形成したが、不純物を含まないSiO₂膜または多結晶Si膜や、P、B、As等のうちの1つ以上の不純物を含むSiO₂膜または多結晶Si膜を、SOG膜27の代わりに用いてもよい。

【0054】図4、5は、第5及び第6実施例を示しており、図6は、これら第5及び第6実施例で用いるウェハ処理装置を示している。第5及び第6実施例の説明に先立って、図6に示すウェハ処理装置についてまず説明する。

【0055】このウェハ処理装置では、ロード室31、ダウンフロー型のプラズマ処理室32、加熱処理室33、平行平板型のRIE装置34及びアンロード室35が、ゲートバルブ36～39で直列的に接続されており、ウェハは各処理部間を真空搬送される。

【0056】ロード室31は、複数のウェハ41を一括して収納するロード用カセット42と、ウェハ搬送機構(図示せず)等とを備えている。

【0057】ダウンフロー型のプラズマ処理室32では、マイクロ波発振器(図示せず)で発生したマイクロ波が、矩形導波管43と円形導波管44とで導かれ、マイクロ波導入窓45を介してプラズマ生成室46へ供給される。プラズマ生成室46へは、矢印B1方向からガス供給管47を通じて堆積性ガスも供給される。堆積性ガスはマイクロ波放電で分解されてプラズマを生成し、このプラズマを用いて有機ポリマーが形成される。

【0058】プラズマ生成室46には、ウェハ41に対して所定の処理を行うための処理チェンバ48が、メッシュ電極49を介して接続されている。このメッシュ電極49は、プラズマ中の荷電粒子をトラップするために設けられている。従って、処理チェンバ48側へはラジカル等の中性活性種のみが下降流(ダウンフロー)となって引き出され、損傷の少ない処理を行うことができる。

【0059】処理チェンバ48は、ウェハステージ51を収容しており、真空系統(図示せず)によって、排気口52を介して矢印A1方向へ高真空排気される。ウェハステージ51上には、ウェハ41がメッシュ電極49

と対向する様に載置される。ロード室31には、処理チェンバ48がゲートバルブ36を介して接続されている。

【0060】ゲートバルブ37を介してプラズマ処理室32に接続されている加熱処理室33は、ヒータ53を内蔵しておりウェハ41が載置されるウェハステージ54を収容しており、真空系統(図示せず)によって、排気口55を介して矢印A2方向へ高真空排気される。

【0061】加熱処理室33には、ゲートバルブ38を介して、平行平板型のRIE装置34のエッチングチェンバ56が接続されている。このエッチングチェンバ56内には上部電極57とウェハ載置電極58とが互に対向配置されており、これらの電極57、58間に高周波電界を印加し、高周波放電によって生成されるプラズマを用いて、ウェハ41上の金属膜をエッチングする。

【0062】このため、矢印B2方向から反応ガスを供給するためのガス供給管61が、エッチングチェンバ56の天井部に設けられている。また、処理に伴って発生する反応生成物を除去するために、エッチングチェンバ56内のガスを矢印A3方向へ排気するための排気口62が、エッチングチェンバ56の底部に設けられている。

【0063】なお、ウェハ載置電極58には、直流成分を遮断するためのブロッキングコンデンサ63を介して高周波電源64が接続されており、カソードカップリング型の構成になっている。

【0064】ゲートバルブ39を介してRIE装置34に接続されているアンロード室35は、複数のウェハ41を一括して収納するアンロード用カセット65と、ウェハ搬送機構(図示せず)等とを備えている。

【0065】次に、第5実施例を説明する。この第5実施例では、上述のウェハ処理装置による処理に先立って、図4(a)に示す様に、W膜16の堆積までを行っておく。W膜16の堆積までは、TiON層15を形成しないことを除いて、図8に示した一従来例等と実質的に同様の工程を実行する。そして、この様な状態のウェハ41を、ロード用カセット42に装填し、ロード室31からプラズマ処理室32内へ搬送する。

【0066】プラズマ処理室32では、反応ガスの流量CHF₃80SCCM、反応圧力0.8Torr、マイクロ波電流400mA、4分間の条件で処理を行って、図4(b)に示す様に、CとFとを含有し厚さが400nm程度であるCF系の有機ポリマー層66をW膜16上に形成する。有機ポリマー層66はW膜16の表面の凹凸よりも十分に厚く、有機ポリマー層66の表面は平滑になる。

【0067】その後、ウェハ41をRIE装置34まで搬送し、反応ガスの流量SF₆/O₂=50/10SCCM、反応圧力20mTorr、高周波パワー200Wの条件でエッチバックを行う。この条件では、有機ポリ

マー層66とW膜16とのエッチング速度が互いに等しく、有機ポリマー層66の平滑な表面形状がW膜16に転写される。

【0068】このため、W膜16の表面の凹凸がなくなった状態でエッチバックが進行し、SiO₂膜13が露出しても、堆積時点のW膜16の表面の凹凸がSiO₂膜13には転写されない。従って、図4(c)に示す様に、SiO₂膜13の表面が平滑な状態でエッチバックを終了させることができる。その後、ウェハ41をアンロード室35へ搬出する。

【0069】次に、第6実施例を説明する。この第6実施例でも、図5(a)(b)に示す様に、図4に示した第5実施例と略同様の工程で、有機ポリマー層66の形成までを行う。但し、有機ポリマー層66の形成時間を1分にするので、その厚さも100nm程度と薄くなる。このため、有機ポリマー層66はW膜16の表面の凹凸の影響を受け、有機ポリマー層66の表面も凹凸になる。

【0070】その後、ウェハ41を加熱処理室33へ搬送し、180℃、2分間の熱処理を行う。この結果、有機ポリマー層66が流動化して、図5(c)に示す様に、その表面が平滑になる。この状態でウェハ41をRIE装置34へ搬送し、再び第5実施例と同様の工程を実行して、図5(d)に示す様に、有機ポリマー層66とW膜16とをエッチバックする。その後、ウェハ41をアンロード室35へ搬出する。

【0071】図6に示したウェハ処理装置を使用した上述の第5及び第6実施例では、途中でウェハ41を大気に開放することなく一連の処理を連続的に行うことができるので、例えば、有機膜の塗布、熱処理及びエッチバックを別個の装置で行う場合に比べて、スループット及び信頼性を向上させることができる。

【0072】なお、上述の第5及び第6実施例では、有機ポリマー層66を形成するための反応ガスとしてCHF₃を用いたが、CH₂F₂、CH₃F、CH₄、CHBr₃、CH₂Br₂、CH₂BrF等の様に、分子中にCとHとを含有し、更にF、Br、Cl等を含むガスを用いることもできる。

【0073】図7は、第7実施例を示している。この第7実施例でも、図7(a)に示す様に、W膜16の堆積までは、図4、5に示した第5及び第6実施例と実質的に同様の工程を実行する。

【0074】しかし、この第7実施例では、その後、マイクロ波エッチング装置で、反応ガスの流量SF₆50SCCM、反応圧力10mTorr、マイクロ波電流300mA、高周波バイアス30Wの条件で、図7(b)に示す様に、SiO₂膜13が露出する直前までW膜16に対して第1段階のエッチングを行う。この第1段階のエッチングでは、放電によって生じたフッ素ラジカルとW膜16との反応でWF₆が生成されるが、WF₆は

沸点が17.5℃と低く蒸気圧が高いので、W膜16が高速に加工される。

【0075】次に、反応ガスの流量SF₆10SCCM、HBr30SCCM、反応圧力10mTorr、マイクロ波電流300mA、高周波バイアス30Wの条件で、W膜16に対して第2段階のエッチングを行う。この第2段階のエッチングでは、フッ素ラジカルとW膜16との反応でWF₆が生成されると共に、臭素ラジカルとW膜16との反応でWBr₅が生成されるが、WBr₅は沸点が333℃と高く蒸気圧が低いので堆積し易い。

【0076】このため、生成されたWBr₅は、W膜16の表面に付着し、入射したイオンによるスパッタリングでW膜16の表面から離脱するが、再び付着するという様な堆積とエッチングとの競合反応が生じる。この結果、図7(a)(b)に示した様に堆積時点及びその後のW膜16の表面に凹凸があっても、図7(c)に示す様に、この凹凸が整形され表面が平滑化されながらW膜16のエッチバックが進行する。なお、O₂やN₂等の様に分子中にOやNを含むガスを添加すると、上記の競合反応におけるW膜16の堆積を促進させることができる。

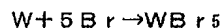
【0077】また、この時のW膜16に対する第2段階のエッチングは、W膜16の表面に付着したWBr₅を除去するイオンの入射が律速になり、スパッタリングを主とする反応になるので、図7(b)に示した状態までの第1段階のエッチングに比べてエッチング速度が遅い。このため、ローディング効果が小さく、オーバエッチングの制御が容易であるので、図7(c)に示す様に、コンタクト孔14をW膜16で平滑に埋めることができる。

【0078】なお、この第7実施例ではエッチングガスとしてSF₆とHBrとを用いたが、SF₆の代わりNF₃やClF₃やCH₃F₄等のフッ素を含む他のガスを用いてもよく、HBrの代わりにBr₂やBBR₃等の臭素を含む他のガスを用いてもよい。また、既述の様にWBr₅は沸点が高いが、WCl₅の沸点は275.6℃、WCl₆の沸点も346.7℃と高い。従って、HCl、Cl₂、BCl₃等の塩素を含むガスをHBrの代わりに用いてもよい。但し、エッチングガスを変更する場合は、エッチング条件も適宜変更する必要がある。

【0079】次に、再び図7を参照して、第8実施例を説明する。この第8実施例でも、図7(b)の状態までは、上述の第7実施例と実質的に同様の工程を実行する。しかし、この第8実施例では、図7(b)の状態から図7(c)の状態にするための第2段階のエッチングにおいて、W膜16の表面への再付着物を外部から供給する。

【0080】即ち、反応ガスの流量SF₆5SCCM、

WF₆ 20SCCM、HBr 30SCCM、マイクロ波電流300mA、高周波バイアス30Wの条件で、W膜16をエッチングする。このエッチングでは、WF₆が分解して発生したWとHBrが分解して発生したBrとから、



の反応でWBr₅が生成され、このWBr₅がW膜16の表面に付着する。

【0081】第8実施例におけるこの様なエッチングでも、W膜16に対する堆積とエッチングとの競合反応が生じ、上述の第7実施例と同様の作用効果を奏することができる。

【0082】なお、上述の第1～第8の何れの実施例でもプラグを形成するためにW膜16を用いたが、Mo膜、Pt膜、Cu膜、WSix膜、MoSix膜またはAl膜等を用いることもできる。但し、その場合は、エッチバック時の反応ガスを適宜に最適化する必要がある。

【0083】例えば、上述の第7及び第8実施例においてプラグを形成するためにAl膜を用いると、図7 (a)の状態から図7 (b)の状態にするための第1段階のエッチングではClを主に含むガスを用い、図7 (b)の状態から図7 (c)の状態にするための第2段階のエッチングでは、Brを主に含むガスを用いる。

【0084】

【発明の効果】本願の発明による金属プラグの形成方法では、堆積時点の金属膜表面の凹凸が絶縁膜に転写されるのを防止することができるので、絶縁膜上に高い品質で配線を形成することができ、しかも表面が平滑な金属プラグでコンタクト孔を埋めることができるので、配線と金属プラグとを電気的に良好に接触させることができる。従って、配線自体及び配線のコンタクトの信頼性を高めて、半導体装置の信頼性を高めることができる。

【0085】また、コンタクト孔をテーパ状に形成すれば、コンタクト孔内の金属膜に凹部が形成されるのを防止することができるので、配線と金属プラグとを電気的に更に良好に接触させることができる。従って、配線のコンタクトの信頼性を更に高めて、半導体装置の信頼性を更に高めることができる。

【0086】また、本願の発明によるウェハ処理装置では、有機ポリマー層の形成とこの有機ポリマー層の流動化による平滑化とを連続的に行うことができるので、配

線自体及び配線のコンタクトの信頼性を高めて半導体装置の信頼性を高める様な金属プラグを、高いスループットで形成することができる。

【0087】また、本願の発明による金属プラグの形成方法では、ラジカル反応による第1のエッチングと、金属膜の堆積とエッチングとが競合する第2のエッチングとを行えば、堆積時点の金属膜表面の凹凸が絶縁膜に転写されるのを防止することができるので、絶縁膜上に高い品質で配線を形成することができ、且つ表面が平滑な金属プラグでコンタクト孔を平滑に埋めることができるので、配線と金属プラグとを電気的に良好に接触させることができる。

【0088】しかも、第1のエッチングではエッチング速度が速い。従って、配線自体及び配線のコンタクトの信頼性を高めて半導体装置の信頼性を高める様な金属プラグを、高いスループットで形成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本願の発明の第1及び第2実施例の夫々を工程順に示す側断面図である。

【図2】第3実施例を工程順に示す側断面図である。

【図3】第4実施例を工程順に示す側断面図である。

【図4】第5実施例を工程順に示す側断面図である。

【図5】第6実施例を工程順に示す側断面図である。

【図6】第5及び第6実施例で使用するウェハ処理装置の概略的な側断面図である。

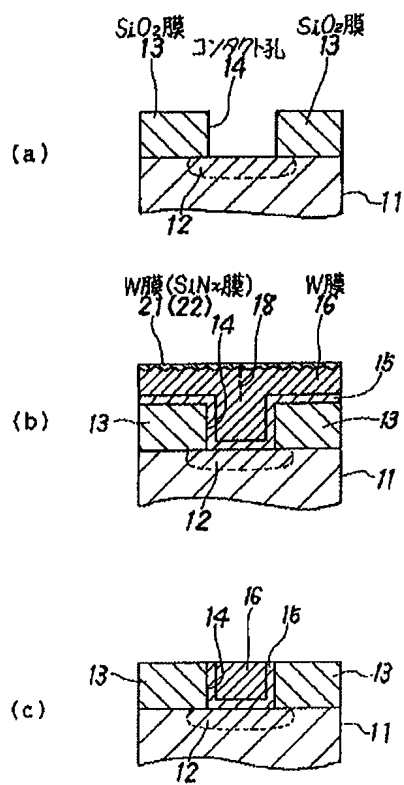
【図7】第7及び第8実施例の夫々を工程順に示す側断面図である。

【図8】本願の発明の一従来例を工程順に示す側断面図である。

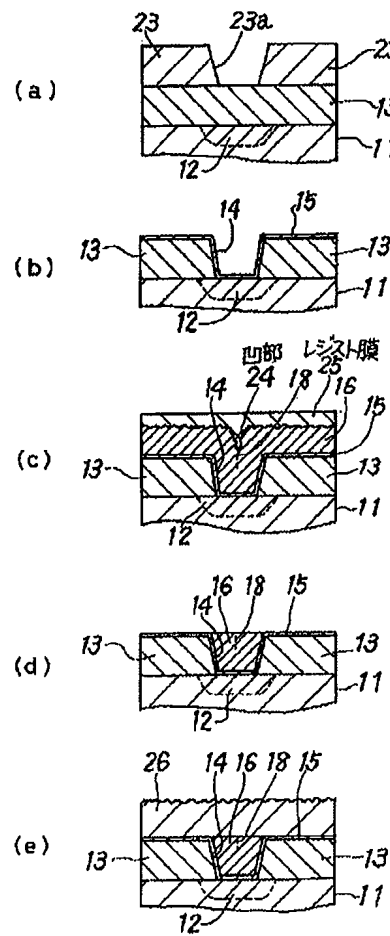
【符号の説明】

- 13 SiO₂膜
- 14 コンタクト孔
- 16 W膜
- 21 W膜
- 22 SiNx膜
- 24 凹部
- 25 レジスト膜
- 27 SOG膜
- 32 プラズマ処理室
- 33 加熱処理室
- 66 有機ポリマー層

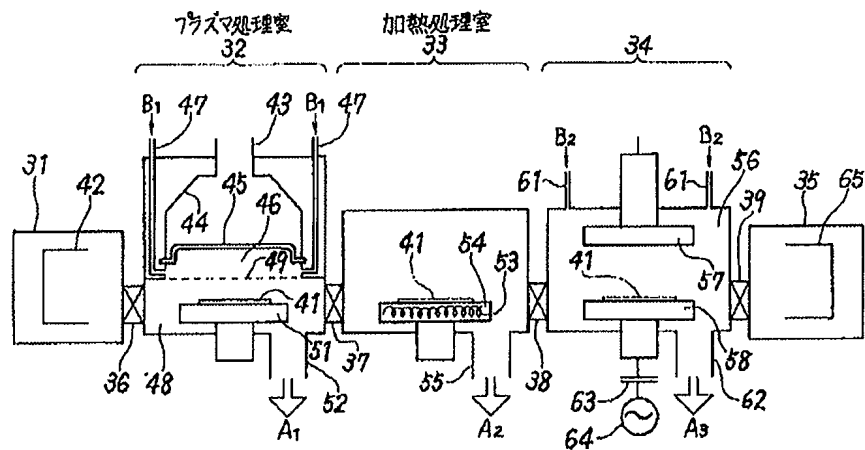
【図1】



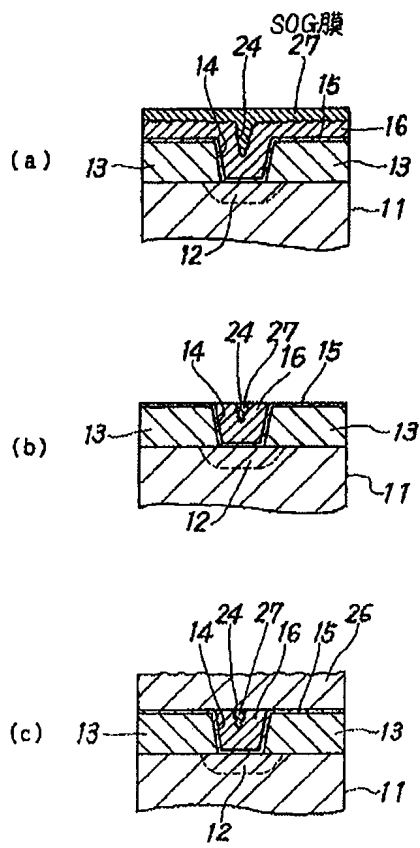
【図2】



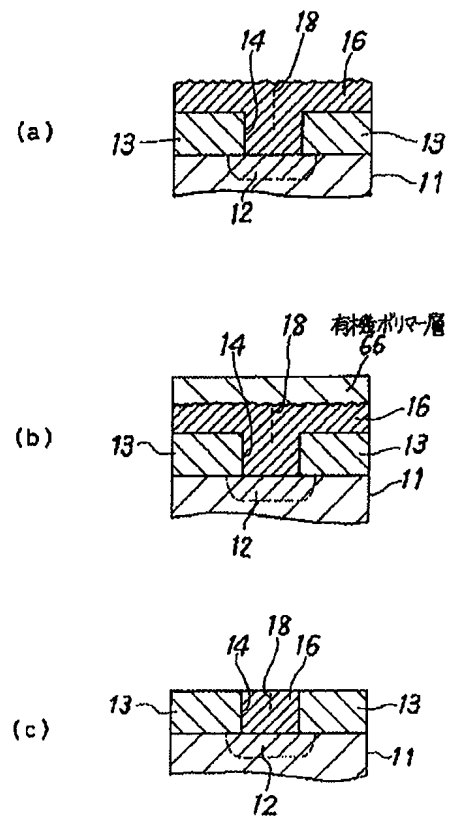
【図6】



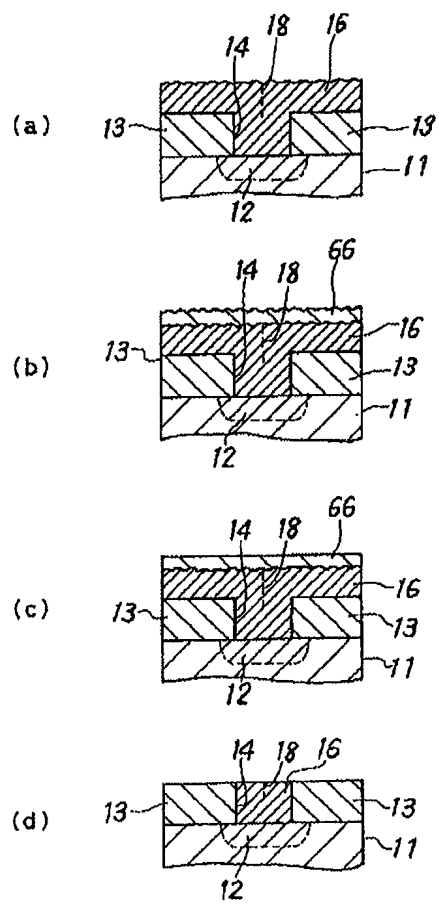
【図3】



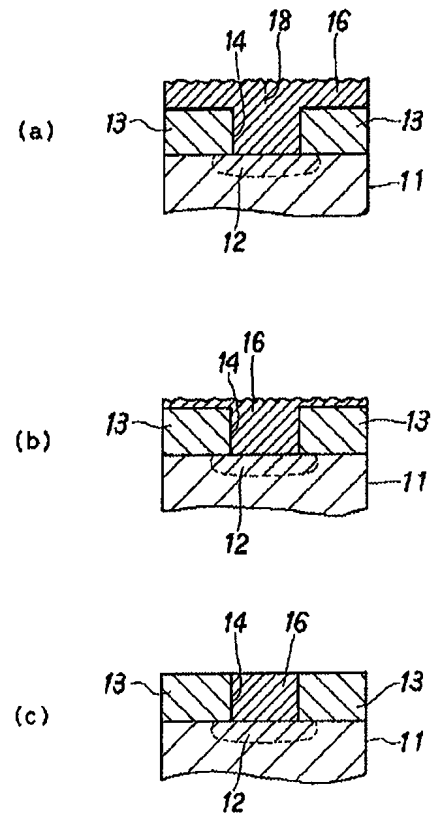
【図4】



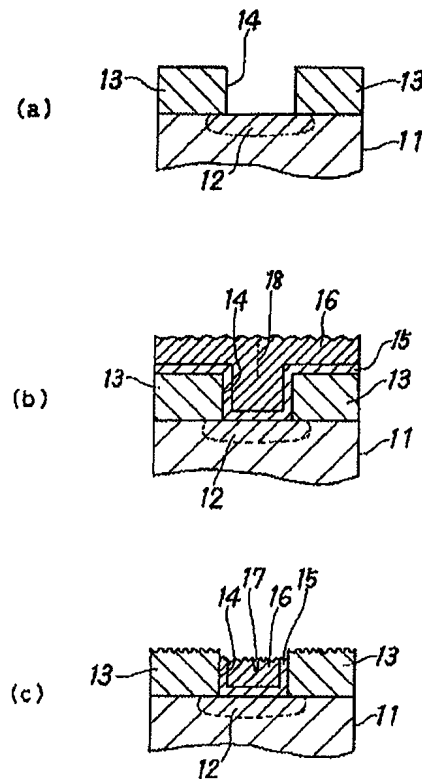
【図5】



【図7】



【図 8】



【手続補正書】

【提出日】平成5年6月8日

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項9

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項9】 前記フッ素系のガスが SF_6 、 NF_3 または CIF_3 であることを特徴とする請求項8記載の金属プラグの形成方法。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0025

【補正方法】変更

【補正内容】

【0025】 また、本願の発明による金属プラグの形成方法では、堆積させた金属膜16に対するエッチングとして、まずラジカル反応による第1のエッチングを行う。この第1のエッチングではエッチング速度が速い。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0065

【補正方法】変更

【補正内容】

30 【0065】 次に、第5実施例を説明する。この第5実施例では、上述のウェハ処理装置による処理に先立って、図4(a)に示す様に、W膜16の堆積までを行っておく。W膜16の堆積までは、図8に示した一従来例等と実質的に同様の工程を実行する。そして、この様な状態のウェハ41を、ロード用カセット42に装填し、ロード室31からプラズマ処理室32内へ搬送する。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0072

40 【補正方法】変更

【補正内容】

【0072】 なお、上述の第5及び第6実施例では、有機ポリマー層66を形成するための反応ガスとして CHF_3 を用いたが、 CH_2F_2 、 CH_3F 、 CH_4 、 CHBr_3 、 CH_2Br_2 、 CH_3BrF 等の様に、分子中にCとHとを含有し、更にF、Br、Cl等を含むガスを用いることもできる。

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

50 【補正対象項目名】0074

【補正方法】変更

【補正内容】

【0074】 しかし、この第7実施例では、その後、マイクロ波エッチング装置で、反応ガスの流量 SF_6 50SCCM、反応圧力10mTorr、マイクロ波電流300mA、高周波バイアス30Wの条件で、図7(b)に示す様に、TiON層15が露出する直前までW膜16に対して第1段階のエッチングを行う。この第1段階のエッチングでは、放電によって生じたフッ素ラジカルとW膜16との反応で WF_6 が生成されるが、W F_6 は沸点が17.5℃と低く蒸気圧が高いので、W膜16が高速に加工される。

【手続補正6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0078

【補正方法】変更

【補正内容】

【0078】 なお、この第7実施例ではエッチングガスとして SF_6 と HBr とを用いたが、 SF_6 の代わりに NF_3 や ClF_3 等のフッ素を含む他のガスを用いてもよく、 HBr の代わりに Br_2 や BBr_3 等の臭素を含む他のガスを用いてもよい。また、既述の様にWBr₅は沸点が高いが、WCl₅の沸点は275.6℃、WCl₆の沸点も346.7℃と高い。従って、 HCl 、 Cl_2 、 BCl_3 等の塩素を含むガスを HBr の代わりに用いてもよい。但し、エッチングガスを変更する場合は、エッチング条件も適宜変更する必要がある。

【手続補正7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】符号の説明

【補正方法】変更

【補正内容】

【符号の説明】

- 13 SiO_2 膜
- 14 コンタクト孔
- 15 TiON層
- 16 W膜
- 21 W膜
- 22 SiN_x 膜
- 24 凹部
- 25 レジスト膜
- 27 SOG膜
- 32 プラズマ処理室
- 33 加熱処理室
- 66 有機ポリマー層

【手続補正8】

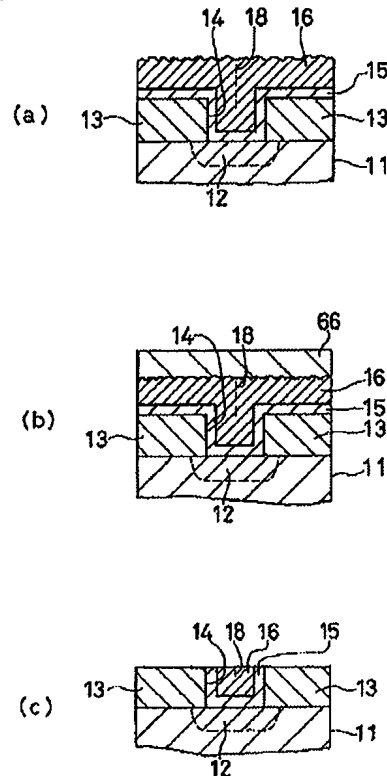
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図4

【補正方法】変更

【補正内容】

【図4】



【手続補正9】

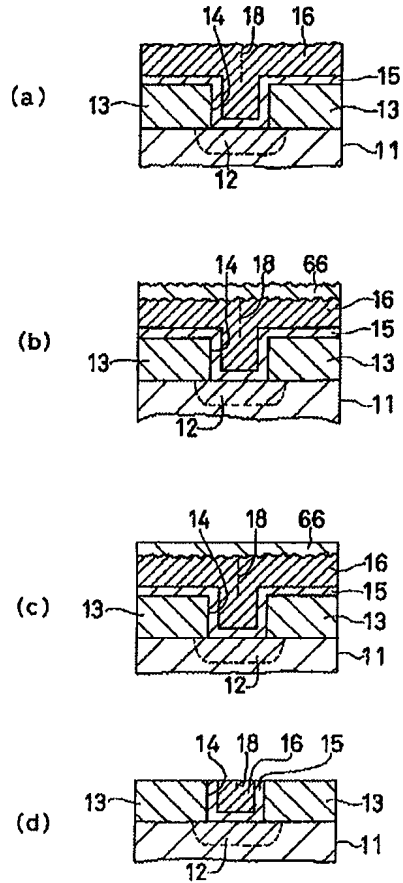
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図5

【補正方法】変更

【補正内容】

【図5】



【手続補正 10】

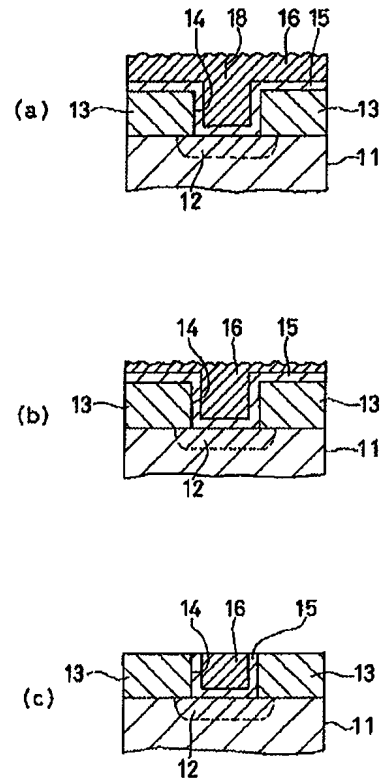
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 7

【補正方法】変更

【補正内容】

【図 7】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.⁵

H 0 1 L 21/90

識別記号

庁内整理番号

D 7735-4M

F 1

技術表示箇所